

волокнистые композиционные материалы // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2004. — Т. XLVIII. — № 3. — С. 70–79.

30. Скляр М.Г., Шустиков В.И., Вирозуб И.В. Исследование кинетики термического разложения углей // Химия твердого топлива, 1968. — № 3. — С. 22–32.

31. Смуткина З.С., Секриеру В.И., Титова Т.А., Скрипченко Г.Б. Дериватографическое исследование каменных углей как сырья для деструктивной гидрогенизации // Химия твердого топлива, 1982. — № 1. — С. 59–63.

32. Белькевич П.И., Гайдук К.А., Минкевич М.И. Исследование термическое разложение отдельных компонентов тростникового торфа // Весник АН БССР, 1971. — № 5. — С. 53–56.

О Шевкопляс В.М., 2007

УДК 662.7:552.57

Бутузова Л.Ф., Сафін В.О., Бондаренко О.В., Бутузов Г.М. (ДонНТУ)

### ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ СІРЧИСТОГО ВУГІЛЛЯ ДОНБАСУ

*В роботі встановлені деякі відмінності в структурі і властивостях вугілля слабо відновленого і відновленого типів, що засновані на їх поведінці при термічній деструкції. Ці відмінності полягають, перш за все, в кількості кисень- і сірковмісних груп. Дані, що отримані за допомогою групового аналізу смоли напівкоксування вугілля різних типів, показують, що склад отриманих рідких продуктів істотно відрізняється в залежності від генетичної природи вугілля.*

*Експериментальні дані, а також дані, що отримані за допомогою математико-статистичних методів кількісного опису кореляційних зв'язків між складом вугілля та його властивостями, показали, що при розробці перспективних технологій переробки вугілля треба урахувувати таку важливу його характеристику, як генетичний тип за відновленістю.*

#### Вступ

Значна частина Донецького вугілля має високий вміст сірки і золи. Підвищеним вмістом цих компонентів, як правило, характеризується вугілля відновленого типу **в**, порівняно з ізометаморфним вугіллям слабковідновленого типу **а** [1].

Попередні дослідження показали, що вміст гетероатомів сірки та кисню суттєво впливає на властивості вугілля і його поведінку при піролізі, оскільки відносно слабкішими ковалентними зв'язками у вугільній структурі є: Ar—O—Ar, Ar—S—Ar і ін. Перераховані зв'язки впливають на ступінь конверсії органічної маси вугілля (ОМВ) в процесах переробки, вихід та склад продуктів [1].

Особливий інтерес представляє дослідження екстрактів сірчистого вугілля і рідких продуктів напівкоксування, яке може пролити додаткове світло на особливості його молекулярної структури. Вибираючи відповідні розчинники на основі параметрів їх розчинності і донорно-акцепторних характеристик, з вугілля можна витягувати дуже багато порівняно високомолекулярних речовин. Дослідження показують, що одна третина органічної маси кам'яного вугілля з високим вмістом летючих речовин складається із сполук з молекулярною масою нижче 800.

Задачею цієї роботи було порівняльне дослідження складу та властивостей вугілля ряду метаморфізму різного типу за відновленістю, вивчення поведінки вугілля типу **a** та **в** у процесах стандартного напівкоксування та піролізу в потоці водяної пари, отримання даних про вплив генетичного типу на вихід і склад рідких продуктів термодеструкції.

**Методи дослідження**

Піроліз зразків в потоці водяної пари проводили при нормальному тиску в лабораторній установці, яка описана в роботі [1].

Структурно-груповий склад смол напівкоксування визначали методом екстракції в різних розчинниках. Аналіз полягає у визначенні вмісту карбонових кислот, органічних основ, фенолів, різноманітних груп вуглеводнів та асфальтенів. Органічні основи — це сполуки, що містять С, Н, N. У первинній смолі (ПС) є піридини, хіноліни, похідні піролу. Для їх визначення смола оброблялася розчином  $H_2SO_4$ . Для виділення карбонових кислот їх відокремлювали з петролейного розчину, додаючи 30–50 мл 13% розчину  $NaHCO_3$  (не витягує фенолів).

Після витягання карбонових кислот петролейний розчин, що залишився, струшували в ділильній воронці 3–4 рази з 10% розчином  $NaOH$  до повного витягання фенолів.

Перед аналізом ПС була звільнена від води та пилу. Виділення води із смоли проводили за методом Діна і Старка.

Після зневоднення смолу аналізували за такою схемою:

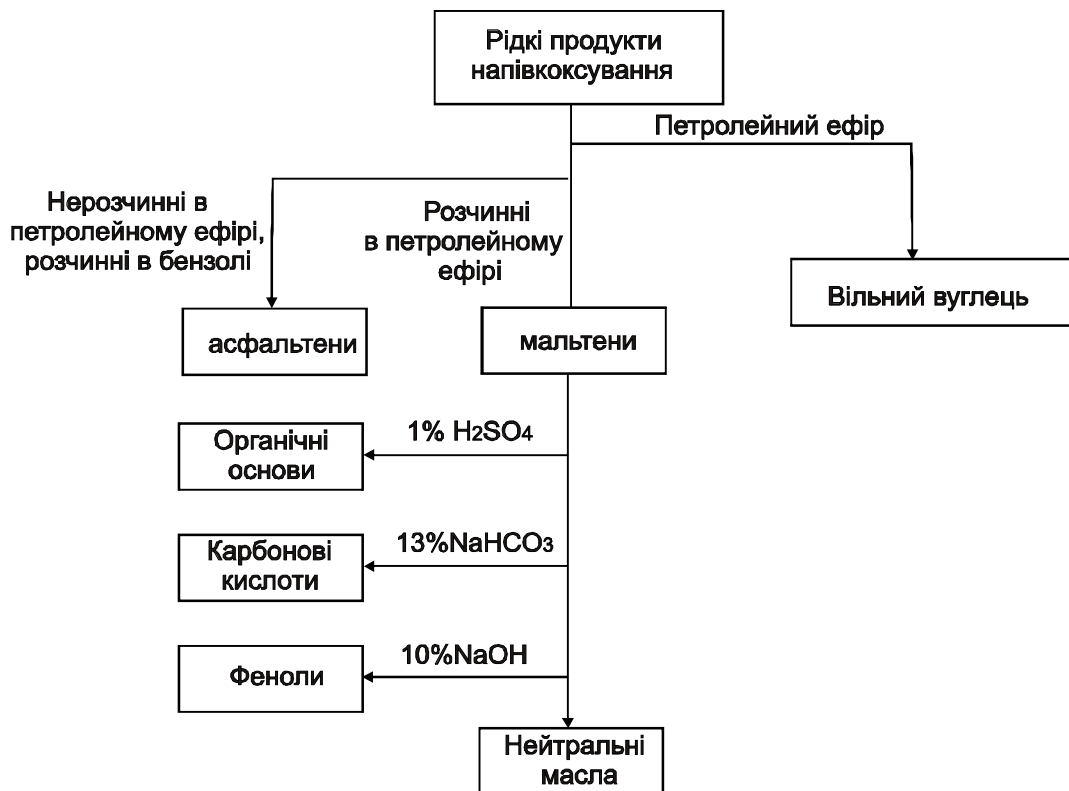


Схема отримання аналізу рідких продуктів напівкоксування.

У якості об'єктів дослідження було вибрано пари ізометаморфного вугілля різного генетичного типу за відновленістю (ГТВ) і стадій метаморфізму. При виборі вказаних шахтних пластів використовували дані аналізів шахт про наявність вапняку в кривлі пластів, про вміст у вугіллі загальної сірки, значення показника відбиття вітриніту і виходу летких речовин. Ці дані виразно показали

порушення відомої закономірності про зменшення  $V^{daf}$  і збільшення  $R_f$  з глибиною занурення (правило Хильта).

Петрографічний, елементний і технічний аналізи виконували згідно існуючих ДОСТ: 9414.3-93; 12113-94; 2408.3-95.

Елементний і технічний аналізи зразків представлений у таблиці 1.

**Таблиця 1.** Елементний і технічний аналіз досліджуваного вугілля

№ зразка	Вугілля, пласт	Тип	Дані технічного і елементного аналізів							
			$W^a, \%$	$A^d, \%$	$V^{daf}, \%$	$C^{daf}, \%$	$H^{daf}, \%$	$S_t^d, \%$	$S_p^d, \%$	H/C атм
1	Кансько-Ачинський (Україна)	<b>a</b>	10.9	8.6	46.8	72.7	4.90	0.52	сліди	0.81
2	Кураховська, $l_4$	<b>a</b>	9.4	5.3	37.2	79.3	5.07	1.29	0.15	0.77
3	Челюскінців, $1_4$	<b>a</b>	0.8	2.4	35.6	79.3	4.97	2.17	0.11	0.75
4										
5										
6	Трудовська, $1_4$	<b>a</b>	1.0	1.6	37.3	78.4	4.95	1.05	0.08	0.76
7	Ново-Гродовська, $1_7$	<b>a</b>	2.0	1.9	38.6	82.7	5.53	1.79	сліди	0.75
8	Гагарина, $m^3$	<b>a</b>	1.2	3.7	28.7	87.4	5.06	0.70	0.03	0.69
9	Кировська-Зхідна, $k_6$	<b>a</b>	0.5	3.4	15.6	89.6	4.45	0.62	0.08	0.60
1'	Темопольська, $k_5$	<b>a</b>	1,1	2.3	7.9	93.3	2.92	0.95	сліди	0.37
1.2'	Ударник, $h_3$	<b>a</b>	5.0	5.2	2.0	95.7	1.65	1.13	0.15	0.21
2'	Мариця-Схід (Болгарія)	<b>в</b>	8.3	19.8	60.0	64.1	6.80	4.70	-	1.27
3'	Днепровський	<b>в</b>	7.2	11.7	55.8	69.0	6.0	3.93	1.89	1.04
4'	Кураховська, $1_2$	<b>в</b>	5.5	8.6	43.0	76.1	5.22	5.00	2.14	0.82
5'	Україна, $k_8$	<b>в</b>	1.5	9.9	41.8	77.9	5.30	2.87	0.80	0.82
6'	Трудовська, $k_8$	<b>в</b>	0.9	4.6	46.2	76.1	5.43	5.85	0.71	0.86
7'	Ново-Гродовська, $m_4^2$	<b>в</b>	1.6	3.2	40.5	81.7	5.37	3.05	0.60	0.79
8'	Гагарина, $m_4^0$	<b>в</b>	0.8	12.2	35.6	83.6	4.88	3.75	2.41	0.70
9'	Кировська-Західна, $k_4^{21}$	<b>в</b>	0.8	10.4	16.6	86.9	4.41	4.42	2.34	0.61
	Темопольська, $k_7$	<b>в</b>	0.84	6.4	7.6	90.3	3.07	3.01	2.27	0.41
	Ударник, $h_2$	<b>в</b>	12.9	13.3	3.6	93.9	2.30	4.12	2.18	0.29

Все вугілля типу **в**, як правило, має більший вихід летких речовин, більший вміст водню, сірки (загальної  $S_t^d$  і піритної  $S_p^d$ ) та золи.

Ці дані підтверджують належність вугілля до слабовідновленого і відновленого типів. Зразки відновленого вугілля відрізняються вищим відношенням H/C і вмістом загальної сірки. Для них характерна менша величина показника віддзеркалення вітриніту і більший вихід летких речовин порівняно з їх слабовідновленими парами. Досліджене вугілля однорідне за петрографічним складом. Воно досить однорідно за речовинно-петрографічним складом (середній вміст вітриніту ~80%) і різне за генетичним типом. У басейні широко поширене вугілля різних типів за відновленістю, переважно, це вугілля слабовідновленого типу **a** і відновленого типу **в** [2].

На підставі отриманих результатів збудовані різні залежності, які однозначно показують відмінність показників у вугіллі однієї стадії метаморфізму, але різного ГТВ.

Експериментальні методи оцінки якості вугілля досить трудовмісні і вимагають значних витрат часу для їх проведення.

Таблиця 2. Розрахункові дані за формулами Нівела

№	Вугілля, пласт	Тип	Розрахункові дані		
			V <sup>a</sup> , %	Щільність, г/мл	Вихід смоли, % d
1	Кансько-Ачинський (Україна)	<b>a</b>	39.1	0.92	7.2
2	Кураховська, l <sub>4</sub>	<b>a</b>	34.9	0.91	9.8
3	Челюськинців, 1 <sub>4</sub>	<b>a</b>	38.6	1.03	9.2
4	Трудовська, 1 <sub>4</sub>	<b>a</b>	39.6	1.05	8.7
5	Ново-Гродовська, 1 <sub>7</sub>	<b>a</b>	39.2	0.95	11.3
6	Гагаріна, m <sup>3</sup>	<b>a</b>	27.6	0.92	9.0
7	Кировська-Західна, k <sub>5</sub>	<b>a</b>	18.8	0.95	4.0
8	Тернопільська, k <sub>5</sub>	<b>a</b>	0	1.01	0
9	Ударнік, h <sub>3</sub>	<b>a</b>	0	0.99	0
1'	Мариця-Схід (Болгарія)	<b>в</b>	59.7	0.81	28.7
1.2'	Дніпровськ	<b>в</b>	53.8	0.90	20.6
2'	Кураховська, 1 <sub>2</sub>	<b>в</b>	41.4	0.93	12.7
3'	Україна, k <sub>8</sub>	<b>в</b>	40.6	0.93	12.5
4'	Трудовська, k <sub>8</sub>	<b>в</b>	47.6	1.00	16.4
5'	Ново-Гродовська, m <sub>4</sub> <sup>2</sup>	<b>в</b>	39.0	0.96	13.8
6'	Гагаріна, m <sub>4</sub> <sup>0</sup>	<b>в</b>	29.2	0.88	8.5
7'	Кировська-Західна, k <sub>4</sub> <sup>2H</sup>	<b>в</b>	21.6	0.90	4.9
8'	Темопільська, k <sub>7</sub>	<b>в</b>	4.9	0.98	0
9'	Ударнік, h <sub>2</sub>	<b>в</b>	0	0.80	0

Тому значний інтерес викликає використання математико-статистичних методів кількісного опису кореляційних зв'язків між складом вугілля та його властивостями. Кореляційні зв'язки зроблені за допомогою програмного пакету Microsoft Origin v6.10.52 build232. У першій частині роботи проводили теоретичний розрахунок різних характеристик вугілля різних типів за відновленістю з використанням даних елементного і технічного аналізу по формулам, відомим у літературі [3].

Для розрахунку теоретичного виходу смоли, щільності смоли та виходу летких речовин використані формули, що були запропоновані Нівелом:

$$\text{Вихід смоли} = (1 - 0.01 \cdot A^d) \cdot (66.7 \cdot H/C - 57 \cdot O/C - 33.3);$$

$$\text{Щільність} = 0.011556 \cdot C^a - 0.04117 \cdot H^a + 0.002247 \cdot (N^a + O^a) + 0.02049 \cdot S^a;$$

$$V^a = 0.408 \cdot C^a + 11.25 \cdot H^a + (N^a + O^a) + 1.3 \cdot S^a.$$

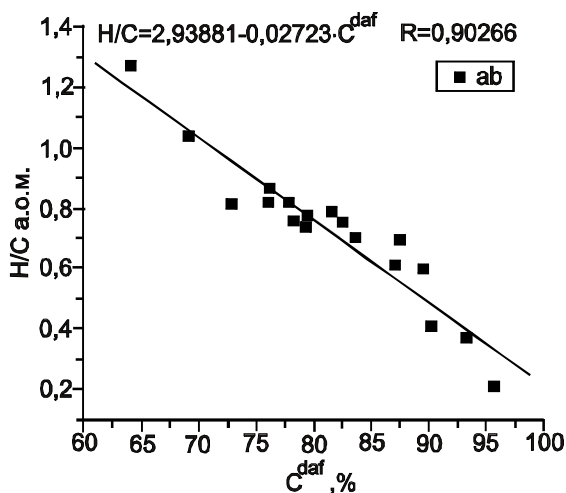


Рис. 1. Залежність атомного відношення Н/С від вмісту вуглецю для серії зразків досліджуваного вугілля.

На підставі даних, представлених в табл. 1, 2, будували залежності атомного відношення Н/С від процентного вмісту вуглецю, як важливішої характеристики, що значно змінюється для вугілля різних ГТВ. Вміст вуглецю, як відомо, характеризує ступінь вуглефікації.

Як бачимо з рисунку 1 та відображеного на ньому рівняння, відповідний зв'язок має лінійний характер. Коефіцієнт кореляції достатньо високий і

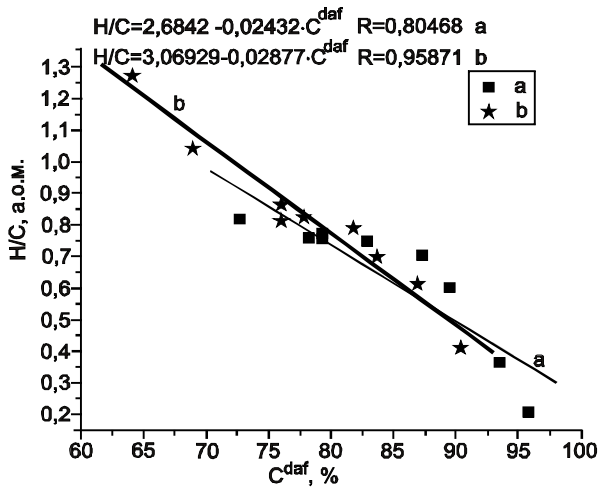


Рис. 2. Залежність атомного відношення Н/С від вмісту вуглецю окремо для вугілля різних ГТВ.

відображення статистичного зв'язку між Н/С і  $C^{daf}$  на рисунку 2 та 3, а також коефіцієнту та індексу кореляції одержаних рівнянь дозволяє зробити висновок, що для вугілля типу *a* дані елементного складу точніше описуються за допомогою квадратичного рівняння. Одержане при цьому значення індексу кореляції свідчить про тісніший зв'язок параметрів у цьому випадку. Стосовно вугілля типу *в*, покращення ступеня поліному не поліпшує величину *R*, тобто використання квадратичного рівняння не має сенсу.

Таким чином залежність  $H/C=f(C^{daf})$  має різний характер для вугілля різного типу за відновленістю. Крім

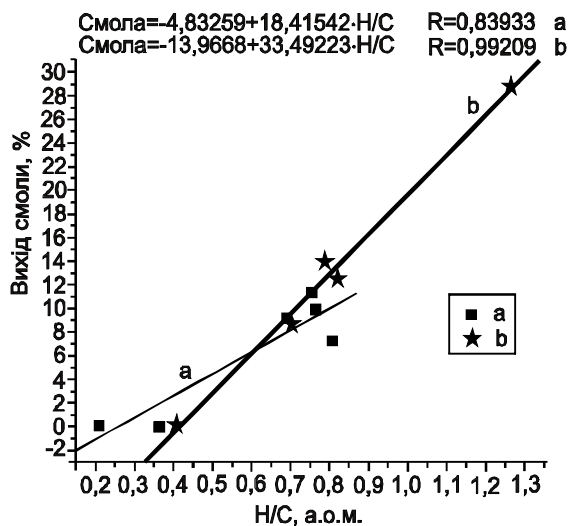


Рис. 4. Залежність виходу смоли від атомного відношення Н/С за розрахунковими даними (таблиця 3).

складає  $R=0.902$ . Аналогічні кореляційні зв'язки збудовані окремо для зразків вугілля типів *a* та *в*.

Як видно з рисунку 2, відповідні залежності окремо для вугілля *a* і *в* також мають лінійний характер. При цьому коефіцієнт кореляції для вугілля типу *в* вищий. Наряду з лінійними рівняннями розглядалась можливість опису цих залежностей за допомогою квадратичних рівнянь, які зображені на рисунку 3.

Порівняння графічного

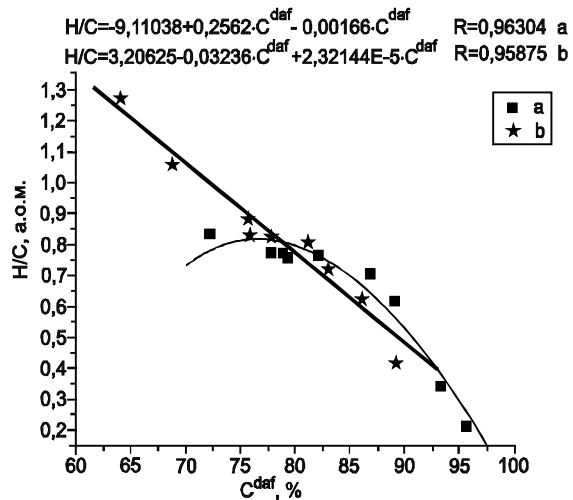


Рис. 3. Залежність атомного відношення Н/С від вмісту вуглецю.

того стає очевидним, що параметр Н/С є не тільки показником ступеня мета-морфізму, але й є також найважливішим показником типу вугілля за відновленістю.

Далі представляло значний інтерес розглянути залежність значення такого важливого технологічного показника, як вихід смоли, від вище згаданого параметру Н/С. Графічне відображення такої залежності показано на рис. 4.

Одержані залежності, як і у випадку залежностей  $H/C=f(C^{daf})$ , можуть бути описані двома простими лінійними рівняннями. Аналогічним чином коефіцієнт кореляції для функції  $вихід\ смоли=f(H/C)$  значно

вищій для вугілля типу **в** в порівнянні з вугіллям типу **а**. Однак для останньої функції значення **R** не змінюється при використанні квадратичного рівняння. Тобто у збільшені ступеня поліному немає сенсу.

Одержано також розрахункові дані для теплоти згоряння досліджуваного вугілля (таблиці 3)

**Таблиця 3.** Теплота згоряння за експериментальними і розрахунковими даними [5]

№	Вугілля, пласт	Т и п	Q, кДж/кг					
			Експериментальні дані	Розрахункові дані за літературними джерелами				
				По Нівелу	По Менделєєву	По Делонгу	По Вондрачеку	По Шнейдеру
1	Кансько-Ачинський (Україна)	<b>а</b>	-	41583,66	23223,22	22599,85	23536,4	22454,11
2	Кураховська, I <sub>4</sub>	<b>а</b>	32556,3	49294,51	27353,05	27110,52	27657,59	26711,86
3	Челюскінців, I <sub>4</sub>	<b>а</b>	34022,8	55792,78	30916,03	30586,15	31271,46	30453,4
4	Трудовська, I <sub>4</sub>	<b>а</b>	32179,2	54914,14	30441,49	30084,22	30803,97	29937,57
5	Ново-Гродовська, I <sub>7</sub>	<b>а</b>	34064,7	59400,37	32815,84	32874,47	33090,42	32373,44
6	Гагарина, м <sup>3</sup>	<b>а</b>	-	60889,5	33643,13	33940,71	33942,11	33303,58
7	Кировська-Зхідна, к <sub>5</sub>	<b>а</b>	-	61725,4	34116,38	34417,39	34473,06	33841,6
8	Темнопольська, к <sub>5</sub>	<b>а</b>	-	61342,02	33949,87	34109,3	34454,52	33759,6
9	Ударник, h <sub>3</sub>	<b>а</b>	-	56001,45	31092,94	31089,73	31678,56	30881,39
1'	Мариця-Схід (Болгарія)	<b>а</b>	-	37192,95	20893,09	20100,63	20989,74	20148,37
1.2'	Днепровськ	<b>в</b>	-	42867,47	23932,21	23206,3	24133,81	23225,97
2'	Кураховська, I <sub>2</sub>	<b>в</b>	-	49004,56	27247,25	26708,86	27544,28	26699,25
3'	Україна, к <sub>8</sub>	<b>в</b>	33101	51014,09	28367,94	28021,92	28661,51	27908,12
4'	Трудовська, к <sub>8</sub>	<b>в</b>	32723,9	54526,15	30231,52	29670,64	30532,52	29766,2
5'	Ново-Гродовська, m <sub>4</sub> <sup>2</sup>	<b>в</b>	-	58135,83	32153,15	32057,05	32448,07	31727,93
6'	Гагарина, m <sub>4</sub> <sup>0</sup>	<b>в</b>	36327,3	53582,56	29772,36	29654,46	30085,93	29454,69
7'	Кировська-Західна, k <sub>4</sub> <sup>21</sup>	<b>в</b>	-	56337,9	31255,32	31212,39	31608	31004,66
8'	Темнопольська, k <sub>7</sub>	<b>в</b>	-	57691,27	32006,17	31920,66	32500,63	31804,02
9'	Ударник, h <sub>2</sub>	<b>в</b>	-	47997,71	26718,37	26647,09	27164,9	26327,39

Формули для розрахунку теплоти згоряння вугілля [3]:

По Нівелу:  $Q=4.19 \cdot (145.9 \cdot C^a + 569.6 \cdot H^a - 53.89 \cdot (N^a + O^a) + 43.08 \cdot S^a - 6.3 \cdot A^a)$ ;

По Менделєєву:  $Q=4.19 \cdot (81 \cdot C^a + 300 \cdot H^a - 26 \cdot ((N^{daf} + O^{daf}) - S_i^a))$ ;

По Дюлонгу:  $Q=4.19 \cdot (80.8 \cdot C^a + 345 \cdot (H^a - (N^a + O^a)/8))$ ;

По Вондрачеку:  $Q=4.19 \cdot ((89.1 - 0.062 \cdot C^{daf}) \cdot C^a + 270 \cdot (H^a - 0.1 \cdot (N^a + O^a)) + 25 \cdot S_i^a)$ ;

По Штейнеру:  $Q=4.19 \cdot (81 \cdot C^a + 345 \cdot H^a - 30.6 \cdot (N^a + O^a)) + 25 \cdot S_i^a - 6 \cdot (W^a + 9 \cdot H^a)$ .

Одержані результати підтверджують, що теплота згоряння для типу **а** більша на всіх стадіях вуглефікації. Схожість показників отриманих за різними формулами підтверджує достовірність результатів і можливість їх використання для оціночної характеристики теплоти згоряння досліджуваного вугілля. По

результатам, представленим у таблиці 3 видно, що вугілля з більшим вмістом сірки дає менше значення теплоти згорання [4].

Таблиця 4. Розрахунок дисперсій адекватності

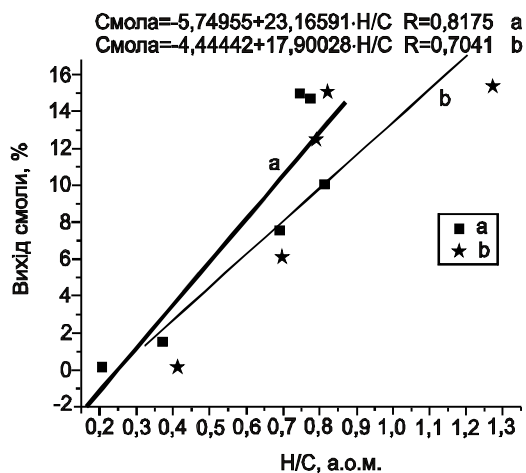
Вугілля, пласт	$(Q_{\text{експ.}} - Q_{\text{розрах.}})^2, \text{кДж/кг}$				
	По Нівелу	По Менделєєву	По Делонгу	По Вондрачеку	По Штейнеру
Кураховська, $l_4$	280167674	27073811	29656520	23997360	34157479
Челюскинців, $1_4$	473932029	9652020	11810563	7569872	12740616
Трудовська, $1_4$	516877497	3019636	4388941	1891258	5024905
Ново-Гродовська, $1_7$	641896174	1559651	1416647	949221,5	2860360
Україна, $k_8$	320878793	22401857	25797054	19709071	26966003
Трудовська, $k_8$	475338105	6211958	9322397	4802146	8747989
Гагарина, $m_4^0$	297743998	42967238	44526794	38954699	47232768
Сума	$3,007 \cdot 10^9$	$1,13 \cdot 10^8$	$1,27 \cdot 10^8$	97873628	$1,38 \cdot 10^8$
$S_{\text{ад}}^2$	501139045	18814362	21153153	16312271	22955020

З даних таблиці 4 можна зробити висновки, що дисперсія адекватності за результатами отриманими за рівнянням Вондрачека найменша. Тобто розрахунок теплоти згорання вугілля за цією формулою буде більш точнішим. У зв'язку з виявленим взаємозв'язком між теплоотоєм вугілля, [6] виходом летких речовин і типом за відновленістю стає очевидним, що ці показники відбивають не тільки ступінь метаморфізму, але і генетичний тип. Отже використання їх як класифікаційних параметрів ТГИ не є однозначним.

Таблиця 5. Піроліз в потоці водяної пари

№ зразка	Вугілля, пласт	Тип	Піроліз в потоці водяної пари		
			Напівкокс, %	Вихід смоли, %	Газ+вода, %
1	Кансько-Ачинський	<b>a</b>	27,0	10,0	63,0
2	Кураховська, $l_4$	<b>a</b>	46,7	14,7	38,6
3	Челюскинців, $1_4$	<b>a</b>	-	-	-
4	Трудовська, $1_4$	<b>a</b>	-	-	-
5	Ново-Гродовська, $1_7$	<b>a</b>	75,0	15,0	10,0
6	Гагарина, $m^3$	<b>a</b>	79,0	7,6	13,4
7	Кировська-Західна, $k_5$	<b>a</b>	-	-	-
8	Термопільська, $k_5$	<b>a</b>	85,0	1,5	13,5
9	Ударнік, $h_3$	<b>a</b>	80,0	0,1	19,9
1'	Мариця-Схід (Болгарія)	<b>в</b>	47,8	15,4	36,8
1.2'	Дніпровськ	<b>в</b>	-	-	-
2'	Кураховська, $1_2$	<b>в</b>	48,7	15,1	35,2
3'	Україна, $k_8$	<b>в</b>	-	-	-
4'	Трудовська, $k_8$	<b>в</b>	-	-	-
5'	Ново-Гродівська, $m_4^2$	<b>в</b>	55,8	12,5	31,7
6'	Гагарина, $m_4^0$	<b>в</b>	80,0	6,1	13,9
7'	Кировська-Західна, $k_4^{21}$	<b>в</b>	-	-	-
8'	Термопільська, $k_7$	<b>в</b>	85,0	0,1	15,0
9'	Ударнік, $h_2$	<b>в</b>	87,0	0,1	12,9

Для підтвердження залежностей, отриманих розрахунковим шляхом, проводили їх порівняння із залежностями, отриманими між параметрами Н/С і експериментально визначеним виходом смоли піролізу в потоці водяної пари.



**Рис. 5.** Залежність експериментально одержаного виходу смоли від Н/С для вугілля відновленого і слабовідновленого типів.

Результати експерименту, що надані в таблиці 5, свідчать про значну розбіжність у виході рідких продуктів піролізу для вугілля різного ГТВ.

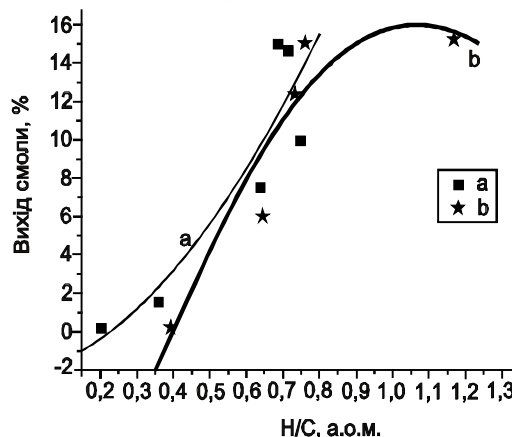
З таблиці 5 витікає, що збагачене воднем відновлене вугілля характеризується більш високим виходом напівкокової смоли. Ці дані збігаються з розрахунковими даними. Але видно, що в експерименті не повністю реалізується потенціальна можливість виділення рідких компонентів.

Збудований кореляційний зв'язок експериментального виходу смоли від параметра Н/С відображений на рисунках 5 і 6.

З графіків 5 і 6 бачимо, що збільшення ступеня поліному для вугілля слабовідновленого типу не на багато збільшує коефіцієнт кореляції. Це свідчить, що для вугілля типу *a* залежність виходу смоли від атомного відношення Н/С носить лінійний характер.

Порівнявши ці ж графіки для відновленого типу бачимо, що зі збільшенням ступеня поліному суттєво покращується коефіцієнт кореляції від  $R=0.7$  до  $R=0.88$ . Таким чином можна зробити висновок про те, що в процесі піролізу вугілля різних типів ведуть себе по різному. Крім того, розрахункові дані також як і експериментальні дані однозначно показують, що ізометаморфні пари вугілля відрізняються за їх технологічними характеристиками.

$$\begin{aligned} \text{Смола} &= -2,02451 + 4,50438 \cdot \text{Н/С} + 18,16062 \cdot \text{Н/С}^2 \quad R=0,82444 \quad \text{a} \\ \text{Смола} &= -23,33404 + 67,33952 \cdot \text{Н/С} - 28,81975 \cdot \text{Н/С}^2 \quad R=0,8826 \quad \text{b} \end{aligned}$$



**Рис. 6.** Залежність експериментально одержаного виходу смоли від Н/С для вугілля відновленого і слабовідновленого типів.

### Структурно-груповий аналіз вугілля з різним вмістом сірки

Як відомо, до складу первинної смоли входять сполуки, що містять кисень, в основному, вищі феноли, спирти, жирні кислоти, кетони та ефіри, органічні основи і асфальтенові речовини. ПС використовується для отримання бензину, керосину та ін. Вихід ПС залежить від ступеню вуглефікації вугілля.

При зіставленні даних групового аналізу смол явно виявляється залежність їх складу від генетичного типу кам'яного і бурого вугілля (рис. 7).

Вихід вільного вуглецю і мальтенів, розчинних у петролейному ефірі, нижче для сірчастого кам'яного вугілля порівняно з малосірчастим, а вихід



асфальтенів, макромолекул вугілля, що утворюються з “нерозчинної” матриці, для них відповідно вище. Отже, їх структурний осередок надто великий, щоб розчинитися у вказаному розчиннику.

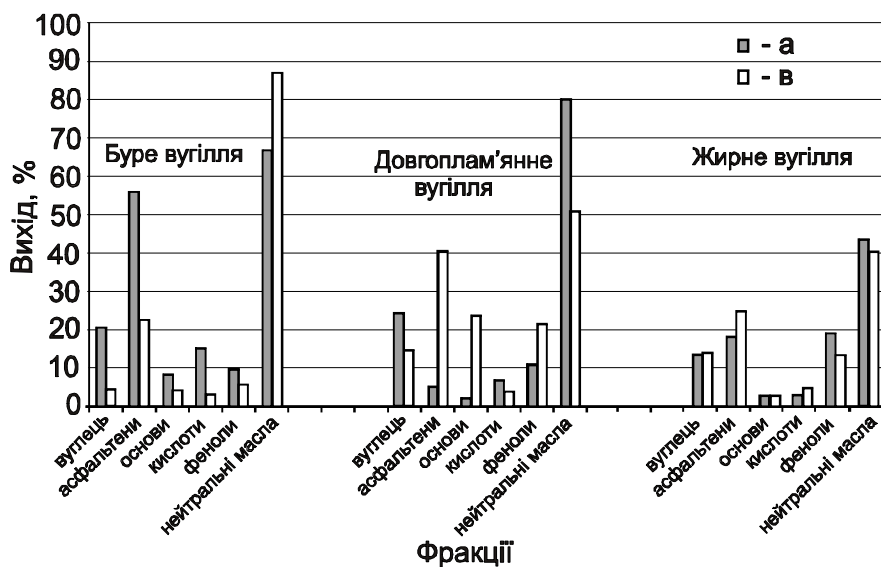


Рис. 7. Структурно-груповий склад смоли напівкоксування вугілля однієї стадії метаморфізму та різного типу за відновленістю.

Чітко видно різницю в співвідношенні підстав і кислот для вугілля різних типів. При цьому екстракти відновленого кам'яного вугілля містять більше лугів і фенолів, а екстракти слабовідновленого вугілля — більше кислих сполук.

На відміну від кам'яновугільних екстрактів, екстракти сірчистого бурого вугілля характеризуються великим вмістом мальтенів і меншим вмістом асфальтенів.

Таким чином, отримані дані показують, що рідкі продукти напівкоксування є складною гетерогенною сумішшю різних сполук. Співвідношення окремих компонентів залежить як від стадії вуглефікації, так і від генетичного типу за відновленістю.

З цього можна зробити висновки, що для отримання найбільшого виходу цільового продукту треба підбирати вугілля потрібного генетичного типу і адаптувати технологію переробки з урахуванням специфічних властивостей сировини.

### Висновки

Таким чином, в роботі встановлені певні відмінності в структурі і властивостях вугілля слабо відновленого і відновленого типів, що засновані на їх поведінці при термічній деструкції. Ці відмінності полягають, перш за все, в кількості активних груп, що залучені в процесі термодеструкції. До таких відносяться, в першу чергу, кисень і сірковмісні групи, що грають важливу роль при піролізі.

Показана різниця в виході і складі продуктів піролізу для низько- і високосірчистого вугілля. Виявлено, що все вугілля типу в, як правило, має більший вихід летких речовин, більший вміст водню, сірки (загальної  $S^d_t$  і піритної  $S^d_p$ ) та золи. Вугілля відновленого типу багате на кисень- і сірковмісні групи. Дані отримані за допомогою групового аналізу смоли напівкоксування вугілля різних типів показують, що склад отриманих рідких продуктів істотно відрізняється в залежності від генетичної природи вугілля.

За даними аналізу встановлено, що смола сірчистого вугілля за складом є більш ціннішою сировиною для отримання моторного палива порівняно із смолою малосірчистого вугілля.

У роботі також застосовані математико-статистичні методи кількісного опису кореляційних зв'язків між складом вугілля та його властивостями. Вони показали, що вугілля слабовідновленого і відновленого типів розрізняються за елементним складом та технологічними властивостями.

Таким чином, можна зробити висновок, що при виборі чи розробці перспективних технологій переробки сірчистого вугілля треба враховувати таку важливу характеристику вугілля, як генетичний тип за відновленістю.

### Література

1. **Саранчук В.И., Бутузова Л.Ф., Минкова В.Н.** Термохимическая деструкция бурых углей. — Киев, Наукова думка, 1993. — 209 с.
2. **Аммосов И.И.** Геология месторождений угля и горючих сланцев. — М.: Госуд. научно-технич. изд.-во литературы по геологии и охране недр, 1963. — Т. 1. — 1210 с.
3. **Аронов С.Г., Несторенко О.В.** Переработка твердых горючих ископаемых. — Киев: Техника, 1973. — 361 с.
4. **ГОСТ 147-95 (ИСО 1928-76)** Твердое топливо. Методы определения теплоты сгорания твердого топлива.
5. **Справочник по качеству каменных углей и антрацитов** Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов. — М.: Недра, 1972. — 168. с.
6. **Улановский М.Л, Мирошниченко Д.В.** Изменение структурных характеристик угля в ряду метаморфизма. Расчет теплоты сгорания по элементному составу, содержанию минеральных веществ и зольности // Кокс и химия, 2003. — № 8. — С. 39–40.

*О Бутузова Л.Ф., Сафін В.О., Бондаренко О.В., Бутузов Г.М., 2007*

УДК: 634.0.866.631.571

**Галушко О.Л.** (ИнФОУ НАН Украины), **Медведева Е.Л.** (ДонНУ), **Лесишина Ю.О.** (ДонНУЭТ)

### ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПЛОДОВ КАШТАНА

*Рассмотрены способы получения пористых углеродных материалов (ПУМ) из плодов каштана. Изучены кривые ДТА сырья и определены условия получения ПУМ. Изучены зависимости выхода продукта и величины удельной поверхности от размера частичек исходного материала и времени активации. Проведен сравнительный анализ адсорбционной активности по МГ и йоду полученных ПУМ до и после удаления минеральной части.*

Известно, что в условиях роста загрязнения окружающей среды потребность в активном угле (АУ) во всем мире неуклонно растет. В то время как ежегодное производство АУ на Украине оценивается в несколько десятков тонн, потребность в нем только в промышленно развитом Донбассе составляет примерно 2–5тыс. тонн/год [1]. Таким образом, промышленность и хозяйство Украины ощущают острый дефицит активного угля. Современной тенденцией развития химии АУ во всем мире является поиск новых, дешевых и легкодоступных природных материалов, а также усовершенствование условий